

A kémia történetének kronológiai áttekintése I.

Vesztergom Soma

A korai ókor „kémiaja”

A „kémia” szó eredete: arab közvetítéssel az al-kīmiyā' (الكيمياء) szóból, illetve a görög *Χημία*-ból ered, amely Egyiptom megnevezése. A (valószínűleg khmi ejtésű) szótó már az óegyiptomi nyelvben is feketét jelent, és Egyiptom Nílus-öntözte, ezért a környező vörös sivatagtól különböző fekete földjére utal.



Anubisz isten a kézműves Szennedjem múmiája mellett.
Sírfestmény Szennedjem sírkamrájából, nekropolisz, Deir el-Medina, Kr.e. 13. sz.

A korai ókor „kémiaja”. Illatszerek, kozmetikai szerek



Egyiptomi balzsamozási kellékek.

Tutanhamon fáraó sírkamrájából, Egyiptom, Kr.e. 14. sz.

Metropolitan Museum of Arts



A babilóniai Tapputi-tábla.

Ékírásos tábla, amely a különböző növények virágaiból és szárából, valamint a különböző gyantákból történő illatszerkészítést mutatja be, a desztillálás és a szűrés műveletét is felhasználva.

Babilónia, Kr.e. 14. sz.

British Museum



Kozmetikai tégely.

Használták többek között a *kajal* (Sb_2S_3 és PbS tartalmú fekete festék) és a malachit (bázisos réz-karbonát tartalmú zöldes festék) tárolására.

Egyiptom, Kr.e. 5. sz.

Musée du Louvre



Egyiptomi füstölő.

Egyiptom, Kr.e. 7. sz. *Walkers Art Museum*

A korai ókor „kémiaja”. Mosó- és tisztítószer



Az egyiptomi El-Natrún vádi (kiszáradt tómeder).

A tóból származó szódát az ókorban mumifikáláshoz, szappan- és fajanszkészítéshez is használták.



Mosakodás folyékony „szappannal”.

Egyiptomi sírfestmény, Kr.e. 13. század.

Királyok völgye

Szappan: olajhoz, zsírhoz történő szódaadagolással (nátrium-karbonát) készül, oldat formájában használták. Mezopotámiában rendszeres a szóda alkalikus fahamuval történő helyettesítése (vö. angol *potassium*).

A korai ókor „kémiaja”. Üveggyártás, zománcofestés



Egyiptomi késsel színezett edény.

A kék színű festék (ld. jobbra) bázisos réz-karbonát, homok és mészkő hevítésével jön létre. Kr.e. 14. század, *Walters Art Museum*.



Kék fajansz borítású szenet (táblajáték).

A fajansz homokból, kevés mészkőből, illetve szódából áll, jellemzően festékeket is tartalmaz (mint az egyiptomi kék). III. Amenhotep fáraó sírjából, Kr.e. XIV. század, *Brooklyn Museum*.

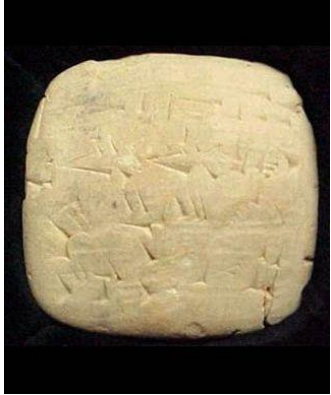


A ninivei könyvtár egyik agyagtáblája. Asszurbanapli könyvtárában találták meg az üveggyártás első receptjét. Kr.e. 7. sz., *British Museum*.



Római üveg rhython (ivóedény). A színtelen üveg a Kr.e. 6. századtól ismert, az üvegfúvás technikája a Kr.e. 1. századtól. *British Museum*.

A korai ókor „kémiaja”. Fermentáció



A sör ékírásos receptje.
Sumér birodalom, Kr.e. 21. sz.
British Museum.

Az ókori sör: általában vizes búza- vagy árpakenyér erjesztésével készül, a levegőtől elzárva.

Élesztőgombák: kezdetben a levegőből származnak, de a Kr.e. 16. századtól ismert a tiszta élesztő előállítási módja is.

Ecet: sokáig az egyetlen, alkoholos italok oxidációjával előállított sav.



Sörkészítés Egyiptomban. Kr.e. 21. sz., *Metropolitan Museum of Arts.*

A korai ókor „kémiaja”. Festékek



Indigócserje és a belőle kivont festék.

Több ezer éven keresztül importálták Európába, elsősorban Indiából. Ma nagyrészt szintetikusán állítják elő.



A lapis lazuli (porrá törve: ultramarin).

Bonyolult összetételű szilikátásvány ($\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_{2-4}$), az Ókorban a mai Afganisztán területén bányászták, innen jutott Egyiptomba (később a középkori Európába is).

Antikbíbor (türoszi bíbor).

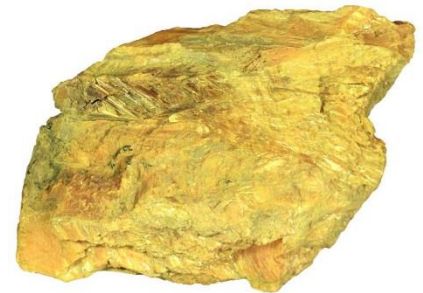
A dibrómindigó sokáig a világ legdrágább festéke volt, a bíbor a „császárok színe”. A festék bíborcsigákból történő kinyerését a fóníciaiak fedezték fel a Kr.e. 16. században.

British Museum.



Cinóber.

A vörös festékként használt ásvány (HgS) bányászatát már ereszuszi Theophrasztosz is leírja (Kr.e. 3. sz.).



Auripigment.

Az ókori Róma kedvelt sárga festéke, arzenikonnak is nevezzük (As_2S_3).

A korai ókor „kémiaja”. Fémkohászat

Réz: A Kr.e. 6. évezredben már a sumérok is ismerik. Latin nevét (cuprum) Ciprusról kapja, ahol a Kr.e. 3. évezredben már rezet bányásznak. Ötvözete, a bronz keményebb (80–85% Cu + 15–20% Sn): a Kr.e. 4. évezredben Ur városában már használják.

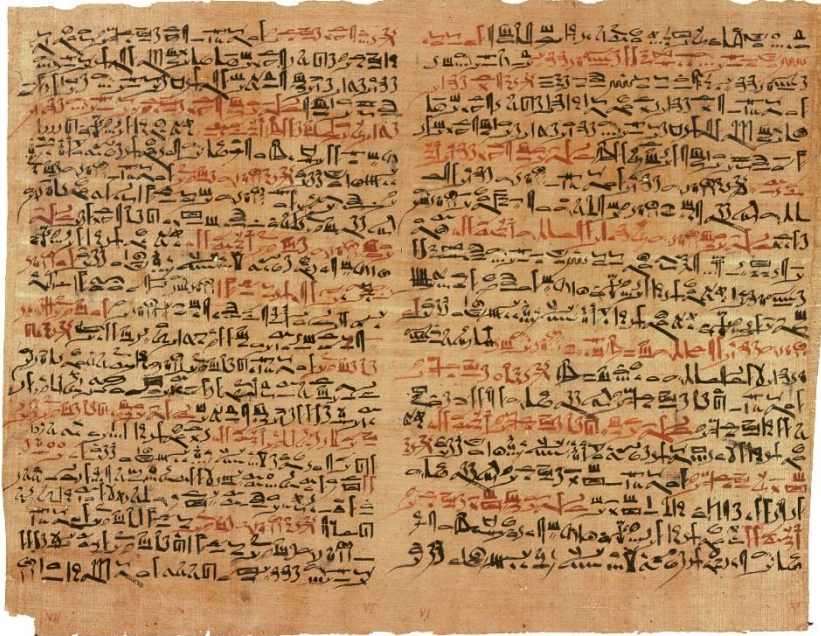
Vas: kezdetben mint „mennyei fém”, azaz meteorit lesz ismert. A hettiták vas fegyvereket használva hódítják meg Egyiptomot, önálló kultúrájuk később elvész – de a vas használata Egyiptomban megmarad.

Ón: „Ón-szigetek” Cornwall partjainál, a Kr.e. 3. évezredben már bányásznak ón-oxidot, amelyből szenes redukcióval nyerik az ónt.



Fémmegmunkálás egyiptomban.
Sírfestmény másolata.

A korai ókor „kémiaja”. Orvoslás



Az Edwin Smith-papirusz

A traumák kezelésének
leírását tartalmazó egyiptomi
irat a Kr.e. 26. századból.



Az Ebers-papirusz

Különböző belgyógyászati
betegségek leírását és
gyógyításának módját
tartalmazza, Kr.e. 16.
századból. Foglalkozik a
rákkal, a depresszióval és a
demenciával is, több növényi
gyógyszert említ.

A görögök

Empedoklész:

„A világ minden létezője négy őselemből (földből, levegőből, tűzből és vízből) áll, és az őselemek között két ellentétes erő (a szeretet és a gyűlölet) hat, a négy őselem végtelen kombinációjának lehetőségét hozva létre.”

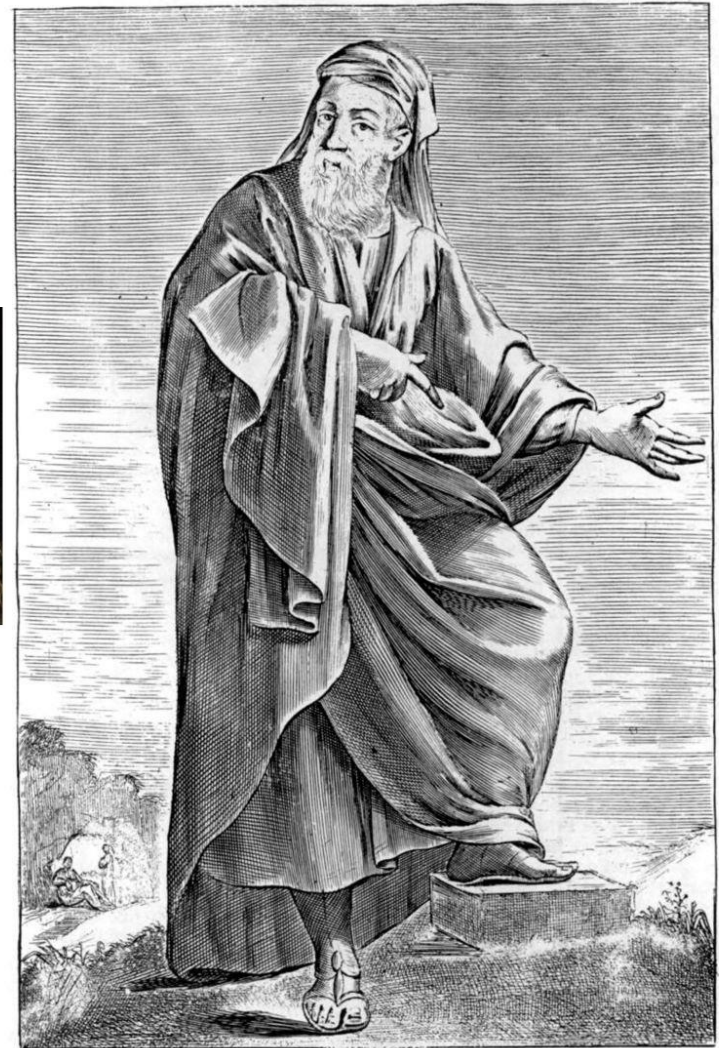


Giuseppe Arcimboldo: A négy őselem (1566)

A még meglévő példányok a bécsi Kunsthistorisches Museumban láthatók.

Empedoklész

Thomas Stanley (1655): *The history of philosophy* c. művének rézkarca.



Empedocle's.

A görögök

Leukipposz:

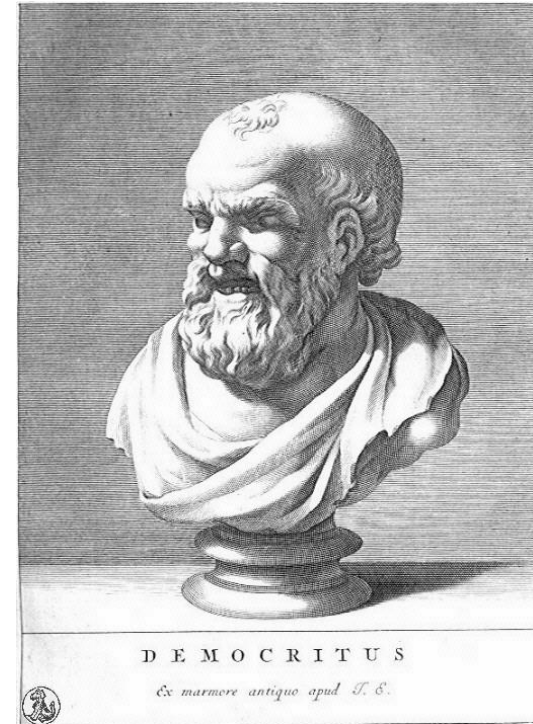
A világmindenség két fő részre osztható: egyrészt az állandó mozgásban levő, oszthatatlan anyagi részecskékből, atomokból, másrészt az üres térből áll, amelyben az atomok mozognak. E részecskék mozgásuk során szüntelenül ütköznek (egyesülnek) majd szétválnak.

...Ezek az atomok a végtelen ürességben egymástól elkülönülve és alakjuk, nagyságuk, helyzetük és elrendezésük szerint különbözve mozognak az ürességben, és miután egymásnak rontva összeütköznek, egyesek véletlenszerű irányban szétszóródnak, míg mások az alakjuk, nagyságuk, helyzetük és elrendezésük szimmetriája folytán összefonódnak, együtt maradnak és így megy végbe az összetett testek keletkezése.”

— Szimplikiosz



Leukipposz

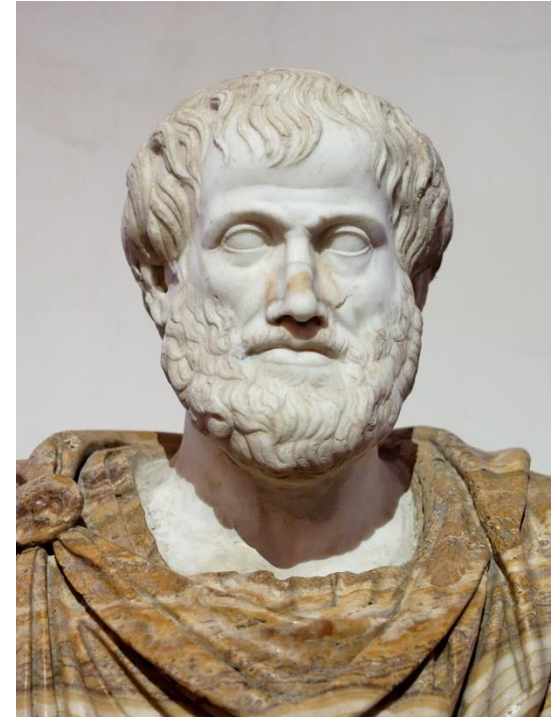


Démokritosz

A görögök

Arisztotelész:

- Platón tanítványa
- A filozófia igaz feladatát dolgok lényegének és végső okainak felismerésében találja, melyek megtestesülése a Lényeg (szubsztancia)
- szabatos tudományos prózát művel, mely évszázadokon keresztül mintául szolgál az európai tudománynak
- A dolgok lényegét nem a dolgokon kívül keresi, mint Platón
- tényleges megfigyelés ugyanolyan fontos vagy tán még fontosabb a számára, mint az elméletalkotás vagy a kortársak és elődök tanítása
- filozófiai absztrakciójával a legszélesebb mai értelemben vett (pozitív) tudományosság egyesül.
- Annyi tudomány előfutárává vált, hogy általában véve „legfontosabb” felfedezéséről nem is beszélhetünk
- Aktus-potencia, szubsztancia-akcidens megkülönböztetés

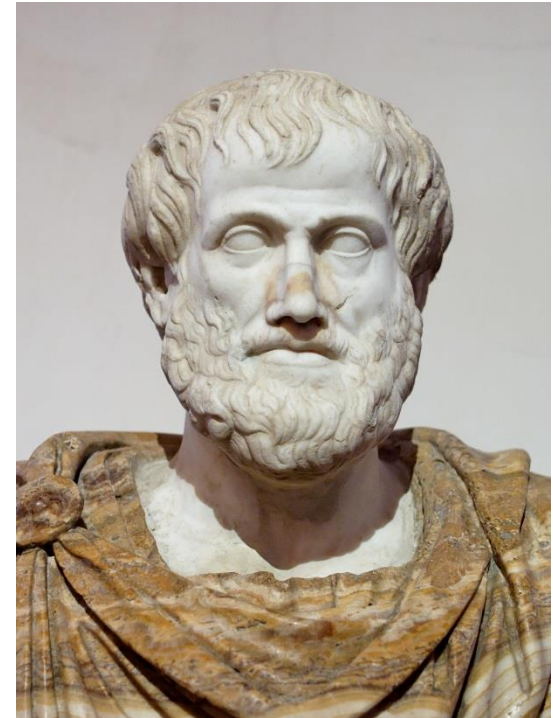
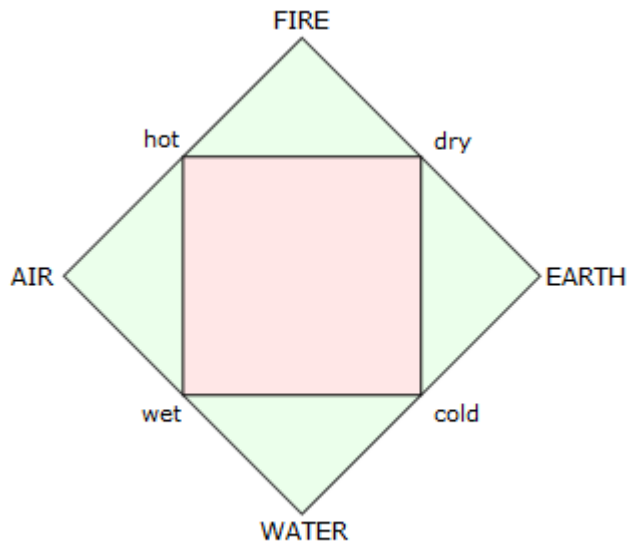


Arisztotelész

A görögök

Arisztotelész:

Négy őselem – négy őstulajdonság. Ötödik őselem:
aether. („Horror Vacui”)



Arisztotelész

A kémia történetének kronológiai áttekintése II.

Vesztergom Soma

A „rómaiak” kora

Lucretius (Kr.e. 99 – Kr.e. 55):

- *De rerum Naturae*: a görögök tudása átkerül a római tudatba. „Költői mű”, az atomizmust hangsúlyozza.

Vitruvius (Kr.e. 70 – Kr.u. 10):

- az építészetet tudománnyá emeli.
- Arisztotelész téves elméletének gyakorlatias alkalmazásával magyarázza a mészégetést, mészoltást és a habarcs megkötését, pl. a mészkeő hevítésekor víz és levegő távozik el és helyükbe tűz nyomul. A tűz könnyebb a víznél és a levegőnél, ezért következik be súlycsökkenés...

Idősebb Plinius (Kr.u. 23–79):

- „*Historia naturalis*” („A természetről”) 37 kötetes műben foglalja össze korának természettudományos ismereteit
- A Vezúv kitörésének megfigyelésekor halt meg.

Hermész Triszmegisztosz (Kr.u. 1. sz.):

- „*Corpus Hermeticum*”: misztikus alkímia, „minden ismert dolgok tudománya, a (homályos) alkímia születése (politikailag is zavaros időszak)



A „rómaiak” kora

Ál-Démokritosz (1. század):

- *A természet titkos kérdései:* „művészet, mely a fémek átváltoztatásával foglalkozik, egyszerre misztikus és fizikai lapon”. Néhány ügyes aranyimitációs recept.

Maria Prophetissima (1. század):

- misztikus alkímiai írások, néhány valóban érdekes és máig élő felfedezéssel, köztük: többnyakú lombik, „hermetikusan” zárható *kerotakis* (hasonló a Soxhlet-extraktorhoz), ún. *bain-marie* (Villanovai Arnold nevezete el így, gyakorlatilag a mai olaj- vagy vízfürdő)

Galenus (2. sz.):

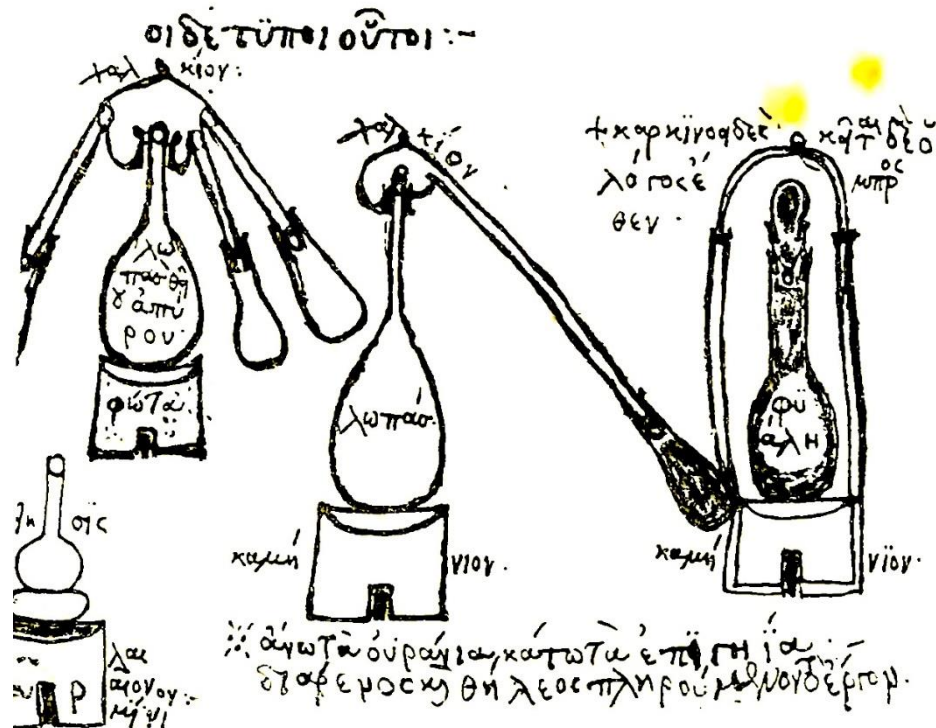
- Rengeteg gyógyszerrecept, a farmakológia atyja; betegek osztályozása „vérmérséklet” szerint

Stockholmi tekercs (3. sz.):

- Festékreceptek, gyöngyök készítése, fémek tisztítása, aranyimitációk

Leydeni tekercsek (3. sz.):

- „titkos szavak”: oroszlánfog, sárkányvér stb. (megfeleltethetők pl. növényeknek)



Az iszlám aranykorának alkímiája

Dzsabír íbn Hajján (lat. *Geber*, 721–817):

- Az abbászidák udvari alkimistája.
- A görög alkímia sok eredményét feldolgozza, továbbfejleszti.
- Az ismert anyagokat osztályozza: fémek (megolvaszthatók), spirituszok (elpárologtathatók mint az ammóniák, a kámfor, az arzén), illetve nem változtathatók (pl. kő).
- Higany-kén kettősség bevezetése; HgS készítése. A szép vörös szín miatt felmerül az aranycsinálás lehetősége: a meghatározó tulajdonságok átalakításához kell egy *al-iksir* (elixír), a bölcsek köve.

Al-Kindi (lat. *Alkindus*, 801–873):

- Alkohol előállítása desztillációval
- Indiai számok meghonosítása az iszlám világban (ma ezeket hívjuk arab számoknak)
- Nem hisz a fémek átalakíthatóságában

Al-Rázi (lat. *Rhazes*, 854–925):

- Anyagok kémiai osztályozása (spirituszok, fémek, kövek, vitriolok, bórsavféleségek)

Íbn-Szina (lat. *Avicenna*, 980–1037)

- Könyv az ásványokról
- Illóolajok desztillációja
- Aranyat csinálni márpedig nem lehet.

Íbn-Rusd (lat. *Avierroës*, 1126–1197)

- Arisztotelész könyveinek arabra fordítása; *Taháfut at-taháfut*, „Az összeomlás összeomlása”. Scotus Mihály latinra fordítja a 13. században: Averroës mint „kommentátor” válik ismertté Európában



A középkori és kora-újkorai Európa: Az alkímia fénykora

Albertus Magnus (Nagy Szent Albert, 1193–1280):

- Arisztotelészi alapokon új filozófia, a *skolasztika* egyik atyja, Aquinói Szt. Tamás mestere
- Kémiai megfigyelései: arzén (és gyógyhatása szifiliszre!), az ezüst-nitrát és a kénsav leírása.

Aquinói Szt. Tamás (1225–1274):

- A keresztény filozófia és etika alapjai, első filozófiai/logikai alapú „istenbizonyítások”
- Arisztotelész tanításait gyakorlatilag egyeduralkodóvá teszi

Roger Bacon (1220–1292):

- A kísérlet fontosságát hangsúlyozza, mint az (al)kémia tudományos módszerét
- Optikai kísérletek, égésvizsgálatok (levegő szerepe!), puskapor készítése, „repülő masinák”

Raymundus Lullus (1232–1315)

- Kiváló matematikus, de kísérletező alkímista is (desztilláció, tömített eszközök).

Az ál-Geber (14. sz. eleje)

- Geber nevében alkotó spanyol alkímista, a kén-higany elv elterjesztője a középkorban
- Ásványi savak leírása és vizsgálata; valószínűleg a királyvíz felfedezője

Hieronymus Brunschwig (1450–1512)

- Kitűnő botanikus; leírja több növénykivonat készítését és gyógyszerként történő alkalmazását
- *Liber de arte distillandi de simplicibus* (Kleines Destillierbuch)
legalább 300 évig használt praktikus könyv a desztillálás technikáiról

Heinrich Cornelius Agrippa (1486–1535)

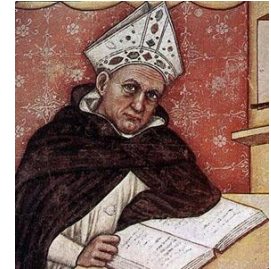
- Okkultista kéziratok, kabbalisztikus utalások, „misztikus alkímia”

Georgius Agricola (1486–1535)

- Egy bányaváros (Chemnitz) polgármestere; bányászatról, fémfeldolgozásról, ásványtanról szóló hasznos könyveket ír (*De re metallica libri XII*)

Basilus Valentinus (15. sz.)

- Okkult írárok, a „Triumph-Wagen des Antimonii” tk. az ammónia és a HCl előállításának módját, illetve pl. a vitriol (kénsav) készítését is tartalmazza



A jatrokémia



Paracelsus

Paracelsus (1493–1541):

- A betegségek kora *nem* a „nedvek rossz egyensúlya”, a betegségeknek általában külső oka van
- Különböző ásványok gyógyítási célú használata (i.e., a gyógyszer nemcsak növényi eredetű lehet
- Pszichológiai betegségek felismerése.
- Az anyagok hármas természete: éghetőség, illékonyság, maradandóság (kén-higany-só elv) az alkímiában és a gyógyászatban
- Ugyanez a hármasság az emberi természetben (érzelem-értelem-test hármasság a kén-higany-só elv szerint)
- *Sola dosis facit venenum.*
- Savak + fém: gázfejlődés (ma tudjuk: hidrogén)
- Laudanum első alkalmazása.
- „Mikro- és makrokozmosz egyensúlya”
- Először használja a „kémia” elnevezést tudományára

Az érett alkímia

D. O. M. A.
ALCHEMIA.
ANDREAE LIBAVII MED. D. POET.
PHYSICI ROTEMBURG.

operā
E DISPERSIS PASSIM OPTIMORVM AVTORVM, veterum & recentium exemplis potissimum, tum etiam præceptis quibusdam operose collecta, adhibitisq; ratione & experientia, quanta potuit esse, methodo accuratā explicata, &

In integrum corpus redacta.

Accesserunt

Traſſatum nonnulli Phyſici Chymici, ſic methodicè ab eodem autore explicati, quorum titulos verſa pagina exhibet.

Sunt etiam in Chymicis eiſdem D. LIBAVII epistoſis, iam antè impreſſis, multa, huic operi lucem allatura.



Cum gratia & Privilegio Caſaræo ſpeciali ad decennium.

FRANCOFVRTI

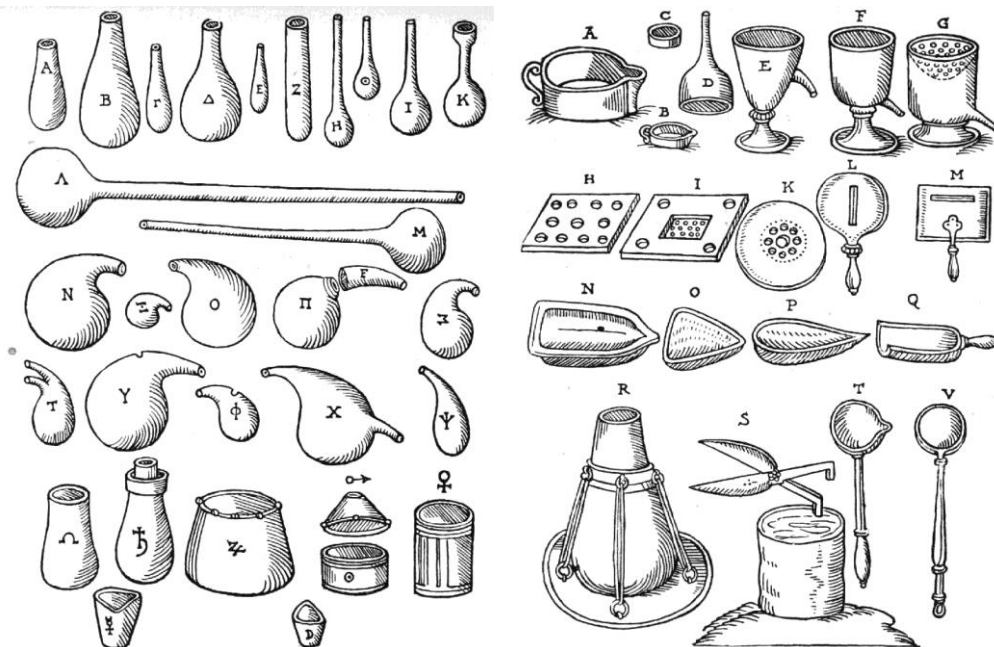
Excudebat Iohannes Saurius, impenſis Petri Kopffij,

M. D. XCVII.

Libavius: Alkímia

Andreas Libavius (1555–1616):

- Új gyakorlati eredmények Paracelsustól, de:
- Az elméleti alapok tisztán ariusztotelésziek (vagy galénosziak)
- A rózsakeresztes misztikát, a kabbalisztikus hatásokat, a hermeneutikát, általában a reneszánszban előre tört hagyományokat elveti.
- Az *Alchemia* valóban tudományos igénygel írott könyv, és alapvetően meghatározza a következő évszázad gondolkodását.



A kémia történetének kronológiai áttekintése III.

Vesztergom Soma

A tudomány forradalma a XVII. században



Francis Bacon

Francis Bacon (1561–1626):

„Those who have handled sciences have been either men of *experiment* or men of *dogmas*. The men of experiment are like the ant, they only collect and use; the reasoners resemble spiders, who make cobwebs out of their own substance. But the bee takes a middle course: it gathers its material from the flowers of the garden and of the field, but transforms and digests it by a power of its own. Not unlike this is the true business of philosophy; for it neither relies solely or chiefly on the powers of the mind, nor does it take the matter which it gathers from natural history and mechanical experiments and lay it up in the memory whole, as it finds it, but lays it up in the understanding altered and digested. Therefore from a closer and purer league between these two faculties, the experimental and the rational (such as has never yet been made), much may be hoped.”

Novum Organum, 1620

A tudomány forradalma a XVII. században



René Descartes

René Descartes (1596–1650):

Értekezés az ész helyes vezetésének módszeréről című művében a következő tudományos módszert fejti ki?

- Minden előítéletet kerülve csak azt kell igaznak elfogadni, ami tisztán és világosan felfogható. (*clare et distincte percipere*)
- A problémákat mindig a lehető legtöbb részre kell bontani.
- A legegyszerűbb tárgytól "mintegy fokozatosan" kell a bonyolultabb felé haladni.

A tudományos állításoknak közvetlen evidenciával belátható tételekből a gondolkodás útján következtethetőknek kell lenniük (dedukció).

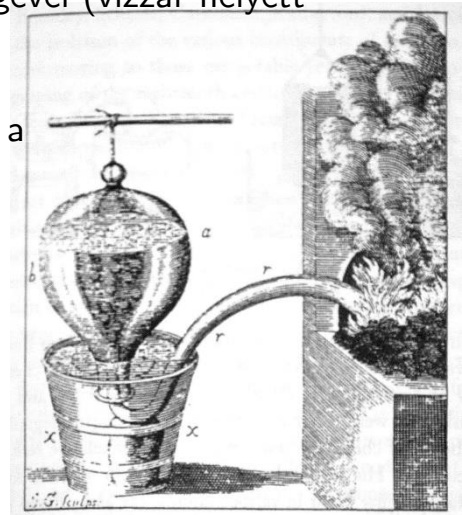
A tudomány forradalma a XVII. században



Jean Baptiste van Helmont

Jean Baptiste van Helmont (1580–1644):

- Levegő- és vízalapú „elemtan”
- „Pneumatikus kémia”: különböző típusú „levegők” leírása, vizsgálata *Hales* felfedezésének segítségével (vízzár helyett higanyzár alkalmazásával)
- A „*gas sylvestris*”, amely fa égésekor keletkezik (szén-dioxid) ugyanaz, mint a must erjedésekor keletkező gáz.
- A tömeg megmaradásának körülbelüli felismerése
- Fűzfa-kísérlet: a fa anyaga víz!
- Az emésztés folyamatának vizsgálata, „fermentumok” feltételezése



Gvizsgálatok a vákuummal és a gázok természetével kapcsolatban

- Torricelli (1643): higanyos barométer
- Pascal: a vákuum további vizsgálata, Torricelli eredményeinek megerősítése
- von Guericke (1651): „magdeburgi féltekék”

A tudomány forradalma a XVII. században



Robert Boyle

Robert Boyle (1627–1691):

- „The Sceptical Chemist” (1661) c. könyve az első, valóban tudományos igényű kémia könyv. Hangsúlyozza nemcsak a kísérletezés, hanem a mérés fontosságát is a tudományos megismerésben.
- 1653-ban Oxfordban tanít, kutató. Asszisztensével, Hook-kal szivattyút készít gázkísérletekhez, elsőként írja le a róla, és az összefüggést tőle függetlenül is leíró *Marriott*-ról elnevezett gáztörvényt.
- Az arisztotelészi elvek helyett *korpuszkulákról* beszél; megkülönbözteti az *elem* fogalmát.
- Leírja az égéskor bekövetkező tömegnövekedést; „tűzkorpuszkulákkal” magyarázza az égést.
- Éppen az égés vizsgálatakor kissé ügyetlen (nem tökéletes az edény zárása): zártterű égésnél is tömegváltozást észlel.
- A Royal Society of London alapítása (1660) (Franciaország: Académie Royale des Sciences, 1666)
- *Experiments and notes about the the mechanical origine of production of electricity* (1675)

John Mayow (1641–1649):

„Spiritus igneo-aereus,” vagy „nitro-aereus” leírása: a levegő égést tápláló része, amely salétrom hevítésekor is keletkezik. Például az antimon tömege, ha felhevítjük, gyarapszik, és ez e részecskének köszönhető.

A kémia fejlődésének külön útjai az európai kontinensen

- A harmincéves háború (1618–1648): nyolcmillió halott (!), a kontinens tudományos életének befagyásával jár.
- Az alkímia továbbélése: a Boyle-nál 60 évvel fiatalabb **Böttger (1682–1719)** Erős Ágost szász választófejedelem udvarában még nem kémikus, csak „alkimista”. Kényszerből foglalkozik az aranycsinálás kérdésével, de közben felfedezi például a porcelán-gyártás titkát (eddig csak Kínában ismerték).
- „Praktikus kémia”: **Glauber (1604–1670)** technikai és vegyi felfedezései. Kémiai anyagokat és készülékeket készít és forgalmaz (!), számos tiszta vegyszert állít elő. (Tömény sósav, salétromsav, nátrium-szulfát azaz *sal mirabilis Glauberii*, antimon-, arzén-, ón- és cink-klorid.) Politikai és gazdaságtudományi „látnok”: *Dess Teutschlands Wohlfahrt*. Fémek jellemerősségi sorának felállítása (hozzávetőlegesen), saverősségi sorrend megállapítása, kristályos szőlőcukor készítése, tiszta szerves vegyületek izolálása fa frakcionált lepárlásával. A nordhauseni kénsavgyártással szemben (kéntartalmú vasércből levegőn állva vas-szulfát, majd ennek hevítése és a keletkezett gázok felfogása) Glauber üvegharang alatt éget ként és salétromot: a nordhauseninél jobb kitermelés, nagyobb töménység.
- **Brand (1630–1692)** eredetileg üvegfúvó, misztikus alkimista. A Bölcsek Kövét keresi, amikor vizeletet hevítve előállítja a fehérfoszfort.
- **Huygens (1629–1695)**: a fény hullámtermészete (1678)



A flogiszonelmélet kialakulása



Jochann Joachim Becher

Jochann Joachim Becher (1635–1682), Georg Ernst Stahl (1659–1734):

- A négy őselem helyett: terra lapidea, terra fluida, terra pinguis. Utóbbi, a „zsíros” föld a flogiszon (Bechernél).
- Az égés során a flogiszonizált (tűzanyagot tartalmazó) anyagból a flogiszon eltávozik; a *legtöbb* anyag (pl. fa) ilyenkor veszít tömegéből
- A levegő csak bizonyos mennyiségű flogiszton tud felvenni, ezért ha nincs elég levegő, az égés abbamarad
- A légzés során a test flogisztontartalmától szabadul meg.
- Tömegváltozással kapcsolatos anomáliák: lehet, hogy a flogiszon (esetenként) negatív tömegű?



Georg Ernst Stahl

A flogiszonelmélet bukása



Lavoisier és felesége

Daniel Fahrenheit (1686–1736): higanyos hőmérő (üvegből)

Anders Celsius (1701–1744): hőmérsékleti skála (1744)

Joseph Black (1728–1799): alkáli- és alkáliföldfém-karbonátok vizsgálata, a „fix levegő” szerepének leírása (CO_2). Vizsgálatok az anyagok fajhőjével (látens hő) olvadáshőjével kapcsolatban.

Henry Cavendish (1731–1810): a gyúlékony levegő (hidrogén) felfedezése: ez a „tisztá flogiszon”.

Joseph Priestley (1733–1804): deflogiszonizált levegő (oxigén) felfedezése (1774). Az oxigén és a hidrogén reakciója vizet ad (1774)

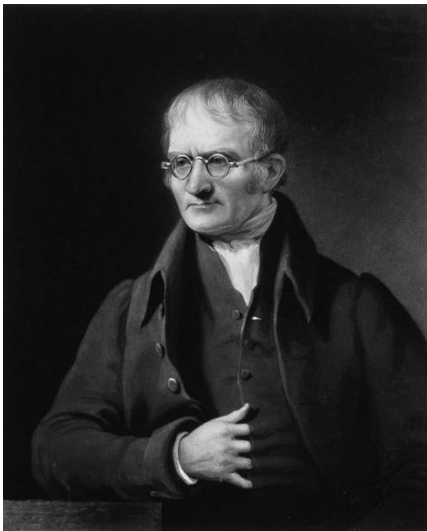
Rumford grófja (Sir Benjamin Thompson, 1753–1814): az ágyúk fűrásakor tett megfigyelések alapján hőtani vizsgálatok: „a hő mozgás”.

Carl-Wilhelm Scheele (1742–1786): svéd kémikus, számos elem felfedezője (noha gyakran nem első a publikálásban!), pl. oxigén, molibdén, wolfram, bárium, hidrogén, klór. Az első komoly szerves kémikus: borkő-, sóska-, húgy-, tej- és citromsav, valamint HF és HCN – azaz oxigénmentes savak. Ezzel megcáfolja Lavoisier állítását, aki szerint az oxigén „savképző”.

Antoine Laurent de Lavoisier (1743–1794)

- az égés folyamatának tisztázása (1775): „Talán nyolc napja felfedeztem, hogy a kén súlya elégetéskor nem kisebb, hanem ellenkezőleg, nagyobb lesz. Ugyanez történik a foszfor esetében is: a súly megnövekedése a tetemes mennyiségű levegőből származik, mely az égés során a gőzökkel kötésbe kerül. Ez a felismerés vezetett engem ahhoz a feltételezéshez, hogy az, ami a kén és a foszfor elégetésekor megfigyelhető, minden más testnél felléphet, mely elégetéskor súlyát növeli.”;
- vizsgálatok a hő természetével kapcsolatban: a légzés az égéshez hasonló folyamat;
- a levegő nagyrészt nitrogén és oxigén;
- *Traité Élémentaire de Chimie*: a modern elemfogalomon alapuló, korpuszkuláris nézeteken nyugvó kémia;
- az anyagmegmaradás törvényének felismerése: „Természetes vagy mesterséges eljárások során semmi sem teremődik, axiómának tekinthetjük, hogy minden eljárásnál ugyanaz az anyagmennyiség van az eljárás előtt és az után.”

A klasszikus kémia kora



John Dalton

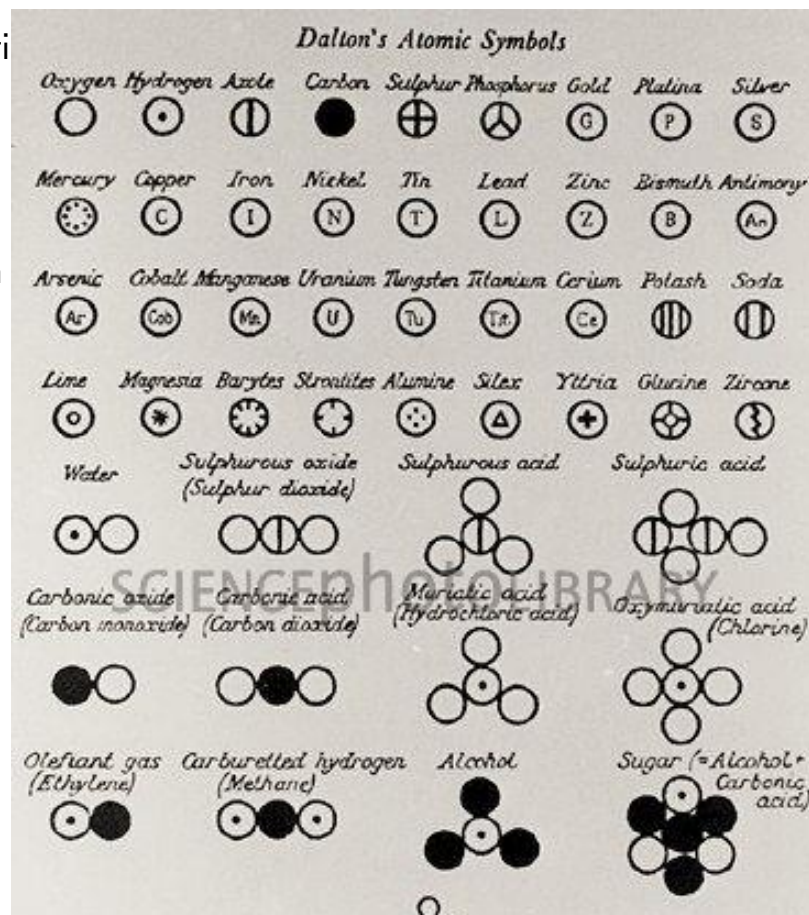
Joseph Louis Proust (1754–1826): állandó súlyviszonyok törvénye
Jeremias Benjamin Richter (1762–1807): sztöchiometria, titrálások
John Dalton (1766–1844):

- Az első atomsúly-táblázat (1805): az atomi tömeg egysége a hidrogén tömege. Prout hipotézise (1815): a hidrogénatom az összes többi atom elsődleges alkotója
- Dalton a modern-kori atomizmus megalkotója: A New System of Chemical Philosophy (1808)
- Parciális nyomásokra vonatkozó Dalton-törvény (1799)

„When atoms combine in only one ratio [...] it must be presumed to be a binary one, unless some cause appear to the contrary.”

Joseph-Louis Gay-Lussac (1778–1850):
gáztörvények

Amadeo Avogadro (1776–1856): azonos nyomáson és hőmérsékleten azonos térfogatú gázban azonos a molekulák száma



Az elektromosság felfedezése és szerepe a kémiában



Franklin villámkísérletének allegorikus ábrázolása

Benjamin Franklin (1706–1790): a villámok elektromos természete (egyéb kísérletei, pl. a „vihar lecsillapítása” szintén érdekesek.

Moeschenbroek és Kleist (1745): leydeni palack.

Luigi Galvani (1791): Kommentár az elektromos erők és az izommozgás kapcsolatáról; „állati elektromosság”

Alessandro Volta (1799): Az elektromosságnak több köze van a fémekhez, mint az állati organizmushoz: Volta-oszlop, a víz elektrolízise (Nicholson és Carlisle).

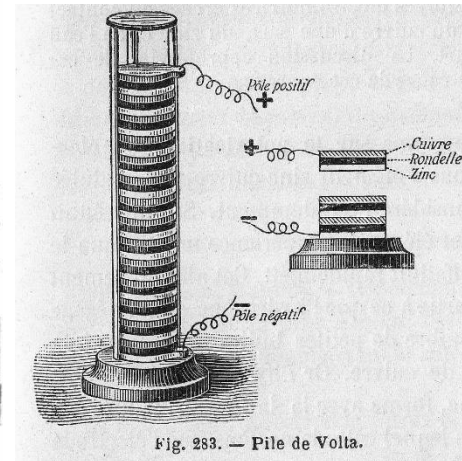
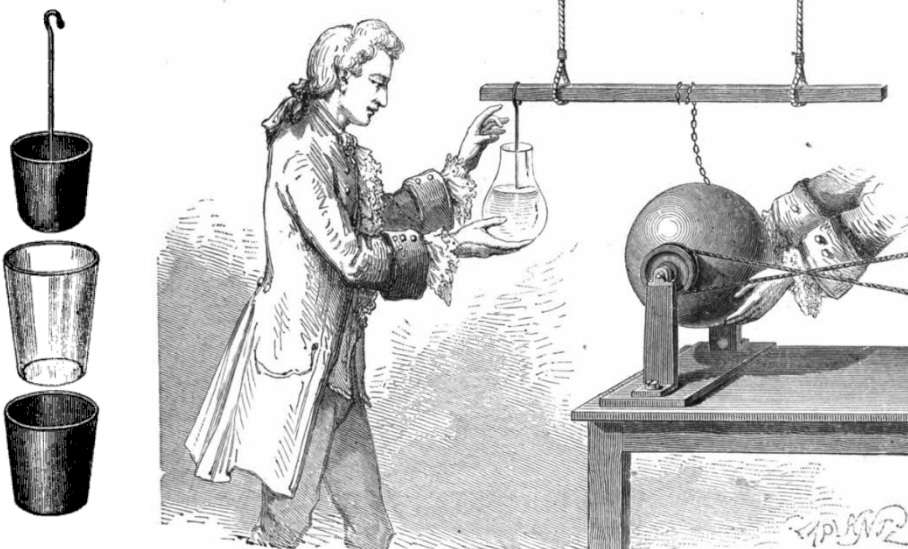
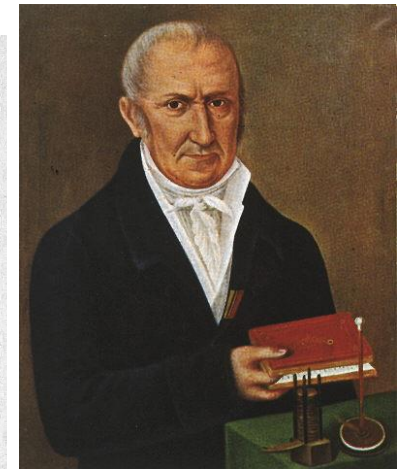
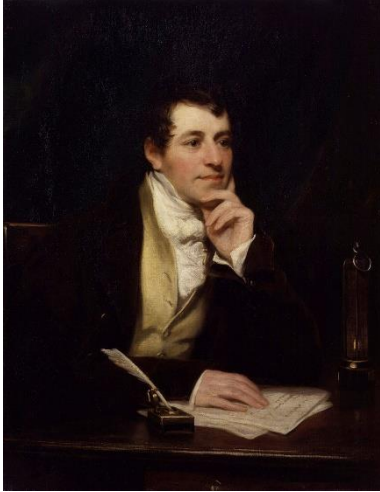


Fig. 283. — Pile de Volta.



Alessandro Volta

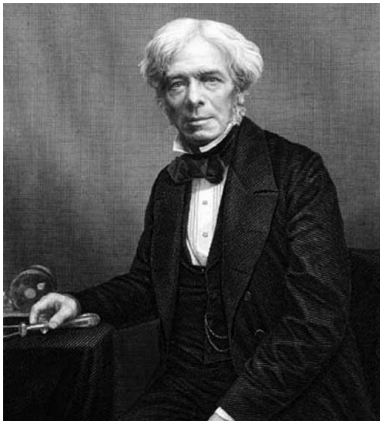
Az elektromosság felfedezése és szerepe a kémiában



Humphry Davy

Humphry Davy (1778–1829):

- A Pneumatikai Intézet igazgatója (többek között a kéjgáz felfedezője, sok gázt cseppfolyósított).
- Gázvizsgálataival Volta hatására hagy fel
- Előadások az elektromosság kémiai alkalmazásáról (Bakerian Lectures – felfedezi a fiatal Faraday-t)
- Az alkálifémek (K, Na) előállítása elektrolízissel, a klór elem voltának igazolása
- Technikai kérdések (Davy-lámpa)



Michael Faraday

Michael Faraday (1791–1867):

- Az elektrolízis mennyiségi törvényeinek felfedezése
- Elektród, katód, anód fogalmak
- Indukciós törvény a fizikában

A klasszikus kémia kora



Jöns Jacob Berzelius

Jöns Jacob Berzelius (1779–1848):

- az elemek jelölése latin nevük első, illetve – ütközés esetén – első két betűjével
- Dalton atomelmélete mellett „dualista elmélet
- atomtömeg-táblázat (1828)
- allotrópia fogalma
- Se, Si, Th és Ce felfedezése
- számos vegyület összetételének meghatározása, analitikai eljárások
- *Vis vitalis elmélet*

James Prescott Joule (1818–1889), William Thomson (1824–1907), Hermann von Helmholtz (1821–1891):

a termodinamika alapjai, az energia megmaradásának törvénye. Utóbbiak: vizsgálatok az elektromos kettősréteg természetével kapcsolatban

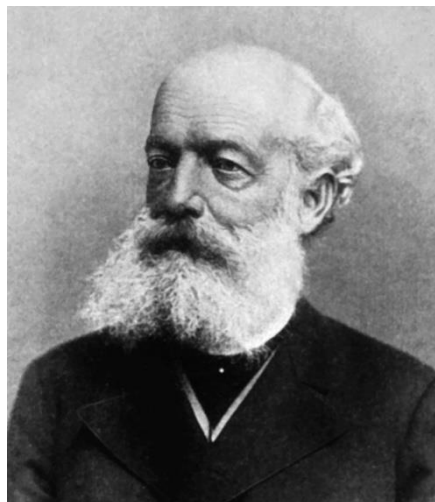
Friedrich Wöhler (1800–1882): ammónium-izocianátból karbamid: nincs *vis vitalis* elmélet!

Marcelin Berthelot (1827–1907): szénhidrogén-szintézisek

Stanislao Cannizzaro (1826–1910): karlsruhei vegyészkongresszus, Avogadro elméletének propagálása

Friedrich August Kekulé (1826–1910): a szén négy vegyértékű; a benzol szerkezete

Kirchhoff és Bunsen (1860): színeképelemzés, új elemek azonosítása



Friedrich August Kekulé

A pozitívista kémia



Mengyelejev

Dimitrij Mengyelejev (1834–1907): az elemek periódusos rendszere.

Reihen	Gruppe I. — R ^o	Gruppe II. — R ^o	Gruppe III. — R ^o	Gruppe IV. RH ⁴ R ^o	Gruppe V. RH ³ R ^o	Gruppe VI. RH ² R ^o	Gruppe VII. RH R ^o	Gruppe VIII. — R ^o
1	II=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63.
5	(Cu=63)	Zn=65	—=68	—=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=86	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108.
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	— — — —
9	(—)	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199.
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	— — — —

Svante Arrhenius (1859–1927): az elektrolitikus disszociáció és a savak/bázisok első elmélete

Guldberg és Waage (1864): a tömeghatás törvénye

Jacobus van't Hoff (1874): kémiai reakciók termodinamikája

Joseph Loschmidt (1865): Avogadro-szám

Ludwig Boltzmann (1877): az entrópia statisztikus megfogalmazása, az ekvipartíció tétele

Josiah Gibbs (1876): fázisegyensúlyok vizsgálata